

3. Клячко В.А., Апельцин И.Э. Очистка природных вод. – М.: Стройиздат, 1971. – 579 с.

4. Адсорбция органических веществ из воды / А.М. Когановский, Н.А. Клименко, Г.М. Левченко, И.Г. Рода. – Л.: Химия, 1990. – 256 с.

5. Кочетов Г.М., Терновцев В.Е., Потапенко Л.И. Математическое моделирование и расчет параметров ионообменной очистки никельсодержащих сточных вод гальванических производств // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2004. – №4. – С. 43-46.

6. Кочетов Г.М., Терновцев В.Е., Емельянов Б.М. Регенерация тяжелых металлов из промывных сточных вод гальванических производств // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2004. – №1. – С.35-38.

7. Кочетов Г.М. Получение феррита никеля из жидких отходов гальванических производств сточных вод // Проблемы водопостачания, водовідведення та гідраліки: Наук.-техн. зб. Вип. 4. – К.: КНУБА, 2005. – С.97-101.

Получено 26.05.2006

УДК 628.16.067

В.И.ПРОГУЛЬНЫЙ, канд. техн. наук

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

ОПТИМИЗАЦИЯ ПОРИСТЫХ СИСТЕМ ОТВОДА ПРОМЫВНОЙ ВОДЫ ИЗ СКОРЫХ ФИЛЬТРОВ

Рассматриваются вопросы оптимизации пористых систем отвода промывной воды из скорых фильтров. Приводится разработанный алгоритм расчета фильтров и экономическая оценка внедрения новой технологии.

Обязательным элементом в технологических схемах очистки природных вод являются скорые фильтры, от которых сильно зависят экономические показатели водопроводных очистных сооружений, полезная производительность и качество подаваемой воды потребителям.

Эффективность работы фильтров во многом обеспечивается нормальным функционированием системы отвода промывной воды. Вымытые из загрузки загрязнения должны быть быстро и как можно более полно удалены за пределы фильтра. В противном случае в фильтрующем слое произойдет рост остаточных загрязнений и начальных потерь напора, что приведет к увеличению продолжительности фильтроцикла.

Исследования [1, 2] позволяют сделать вывод, что к системам отвода промывной воды предъявляют определенные требования, главными из которых являются обеспечение равномерного сбора воды и недопущение уноса фильтрующей загрузки при промывке. Традиционные устройства отвода промывной воды не всегда обеспечивают выполнение этих требований.

На кафедре водоснабжения и рационального использования водных ресурсов Одесской государственной академии строительства и

архитектуры (ОГАСА) разработаны пористые конструкции отвода промывной воды из скорых фильтров с различной крупностью загрузок (пористые желоба различной формы поперечного сечения, пористая стенка, пористые трубы), которые во многом удовлетворяют описанным выше требованиям [3].

В качестве материала для изготовления пористых конструкций может использоваться пористый полимербетон, изготовленный из щебня и эпоксидной смолы. Заполнитель подбирается таким образом, что в полимербетоне остаются сквозные поры, пропускающие загрязненную воду, но задерживающие частицы фильтрующей загрузки.

Система отвода промывной воды из фильтра с помощью пористых конструкций при правильном подборе состава полимербетона позволяет существенно снизить унос фильтрующей загрузки. При необходимости появляется возможность увеличить интенсивность промывки, а также использовать водовоздушную регенерацию загрузки без опасности ее уноса.

Два варианта конструкций отводных систем – пористые трубы и пористая стенка – с 1987 г. успешно эксплуатируются на Ингулецких водоочистных сооружениях г. Николаева, где используется наиболее неблагоприятная с точки зрения отвода воды водовоздушная промывка загрузки.

На кафедре водоснабжения ОГАСА разработана методика инженерных расчетов и оптимизации системы отвода промывной воды с помощью пористых труб [4], позволяющая находить оптимальный диаметр и шаг труб по минимальной приведенной стоимости. Дело в том, что при увеличении диаметра труб растет их стоимость (больше расход полимербетона), однако при этом слой воды в фильтре при промывке понижается. Поскольку надзагрузочный слой воды в конце промывки сбрасывается, то уменьшаются эксплуатационные затраты, связанные с забором этой воды из источника, ее многократной перекачкой (насосы первого подъема, промывные насосы и насосы оборота промывной воды). Следовательно, приведенные затраты могут иметь минимум по диаметру.

При увеличении шага труб уменьшается их число в фильтре, и снижаются строительные затраты. Однако расход воды в каждой трубе увеличивается, что приводит к повышению уровня воды в фильтре и росту эксплуатационных расходов. Поэтому может существовать оптимум приведенных затрат и по шагу труб. Таким образом, функция цели – приведенные затраты – может иметь минимум как по диаметру, так и по шагу труб.

Приведенная стоимость конструкции отвода промывной воды оп-

ределяется по формуле [4]

$$П = EK + Э, \quad (1)$$

где $П$ – приведенные затраты, грн.; E – коэффициент эффективности капиталовложений, принятый равным 0,15; K – стоимость капиталовложений (рассчитывается исходя из объема и стоимости полимербетона), грн.; $Э$ – эксплуатационные расходы, грн.

В общем виде приведенная стоимость на 1 м² площади фильтра (грн/м²) составит [5]

$$П' = 0,785(d_2^2 - d_1^2)a_c / S_{mp}(E + \beta_a + \beta_\phi) + H(\mathcal{E}_\mathcal{E} + \mathcal{E}_p + \mathcal{E}_z + \mathcal{E}_c)N_\phi 365, \quad (2)$$

где d_1 и d_2 – внутренний и наружный диаметр трубы, м; a_c – стоимость 1 м³ пористого полимербетона с учетом изготовления и монтажа (принята равной примерно 5000 грн.); S_{mp} – шаг труб; β_a и β_ϕ – отчисления на амортизацию и улучшение основных фондов; H – слой воды в фильтре при промывке, отсчитываемый от низа пористой трубы, м; $\mathcal{E}_\mathcal{E}$, \mathcal{E}_p , \mathcal{E}_z , \mathcal{E}_c – затраты на электроэнергию, реагенты, стоимость забора воды из источника и стоимость сброса промывных вод, грн./м³; N_ϕ – число промывок фильтра в сутки (среднее за год).

Как следует из формулы (2), удельные приведенные затраты зависят от диаметров пористой трубы (d_1 и d_2), шага труб S_{mp} и высоты слоя воды в фильтре H . При этом существует довольно сложная зависимость H от размеров трубы, проницаемости ее стенок и расхода, который, в свою очередь, зависит от интенсивности промывки и шага труб S_{mp} . Поэтому, как показал анализ, получить аналитическую зависимость $П'$ от диаметра и шага труб не удастся и методика поиска оптимума $П'$ должна базироваться на последовательном счете при варьировании диаметра труб и их шага. Учитывая трудоемкость расчетов, была составлена программа в стандартном приложении *Microsoft Excel* с применением макросов, с помощью которой и был реализован этот расчет.

Описанный выше алгоритм был реализован при выполнении расчета фильтров типоразмерного ряда производительностей водопроводных очистных сооружений 8, 12,5, 20, 32, 50 и 100 тыс. м³/сут. Экономические показатели взяты по данным Одесского водопровода. Результаты расчета приведены в таблице.

Из таблицы видно, что минимальные значения приведенных затрат соответствуют диаметру пористых труб 300 мм для производительностей водопроводных очистных сооружений 5 и 8 тыс. м³/сут. и диаметру 400 мм – для производительностей 12,5-100 тыс. м³/сут.

Значения приведенной стоимости пористых труб

| Производительность очистных сооружений, Q, тыс м ³ | Шаг труб, S, м | Длина труб, м | Приведенная стоимость, грн/м ² | | | | |
|---|----------------|---------------|---|-------|-------|-------|-------|
| | | | Диаметры пористых труб, мм | | | | |
| | | | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 |
| 5000 | 1,7 | 3,9 | 37,47 | 26,85 | 28,89 | 33,37 | 37,34 |
| 8000 | 1,7 | 3,9 | 37,47 | 26,85 | 28,89 | 33,37 | 37,34 |
| 12500 | 1,95 | 4,8 | 55,73 | 29,72 | 29,32 | 32,64 | 36,15 |
| 20000 | 1,95 | 4,65 | 53,43 | 29,18 | 29,05 | 32,64 | 35,95 |
| 32000 | 1,95 | 4,65 | 53,43 | 29,18 | 29,05 | 32,64 | 35,95 |
| 50000 | 2 | 4,8 | 57,68 | 30,07 | 28,89 | 32,23 | 35,78 |
| 100000 | 2 | 4,7 | 56,03 | 29,63 | 28,52 | 32,24 | 36,65 |

Таким образом, интенсификация работы скорых фильтров в значительной степени зависит от системы отвода промывной воды.

Разработанная методика инженерных расчетов и оптимизации системы отвода промывной воды с помощью пористых труб позволяет находить оптимальный диаметр и шаг труб по минимальной приведенной стоимости.

С помощью разработанного алгоритма расчета фильтров типоразмерного ряда разных производительностей водопроводных очистных сооружений можно определить экономическую целесообразность принимаемых решений.

1. Душкин С.С. Улучшение качества питьевой воды за счет повышения эффективности работы очистных сооружений водопровода // Материалы научно-технического семинара "Проблема внедрения ДЕРЖСАНПІН "Вода питна" в практику. Качество, технология и контроль питьевой воды". – Харьков: КП "Вода", 2005. – С.3-8.

2. Душкин С.С. Повышение эффективности работы городских систем водоснабжения // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури: Зб. наук. праць. Вип. 2005-6(54). – Макеевка, 2005. – С.107-113.

3. Прогульный В.И., Тельпис В.С. Скорый фильтр с пористыми отводными конструкциями // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вип.45. – К.: Техніка, 2002. – С.159-164.

4. Грабовский П.А., Прогульный В.И., Тельпис В.С. Методика расчета пористых труб для отведения промывной воды из водоочистных фильтров // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вип.53. – К.: Техніка, 2003. – С.41-48.

5. Прогульный В.И., Тельпис В.С. Выбор варианта пористых конструкций отвода промывной воды из фильтровальных сооружений // Науковий вісник будівництва: Зб. наук. праць. Вип.22. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2003. – С.128-132.

Получено 26.05.2006